



ENGENHARIA AGRONÔMICA

ANATOMIA FOLIAR DE SOJA INFESTADA COM *Pratylenchus brachyurus*

AMANDA CRISTINA KEMMERICH CHAGAS

Rio Verde, GO
2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ANATOMIA FOLIAR DE SOJA INFESTADA COM *Pratylenchus
brachyurus***

AMANDA CRISTINA KEMMERICH CHAGAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia do Instituto Federal
Goiano – Campus Rio Verde – GO para
obtenção do grau Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Leonardo de Castro Santos

Rio Verde – GO
Junho, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

C433a Chagas, Amanda Cristina Kemmerich
Anatomia Foliar de Soja com *Pratylenchus*
brachyurus / Amanda Cristina Kemmerich Chagas;
orientador Leonardo de Castro Santos; co-orientador
Douglas Almeida Rodrigues. -- Rio Verde, 2021.
29 p.

TCC (Graduação em agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Ultraestrutura foliar. 2. *Glycine max.* 3.
nematóide das lesões radiculares. 4. drones. 5.
anatomia. I. Santos, Leonardo de Castro, orient. II.
Rodrigues, Douglas Almeida, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Amanda Cristina Kemmerich Chagas

Matrícula: 2017102200240030

Título do Trabalho: Ultraestrutura foliar de soja infestada com *Pratylenchus brachyurus*.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 19/07/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 19/07/2021

Amanda Cristina Kemmerich Chagas

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Leonardo de Castro Santos

Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e cinco dias do mês de junho de 2021, às 09 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Leonardo de Castro Santos (orientador), Vania Sardinha dos Santos Diniz (membro), Douglas Almeida Rodrigues (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Anatomia foliar de soja infestada com *Pratylenchus brachyurus*" da estudante Amanda Cristina Kemmerich Chagas, Matrícula nº 2017102200240030 do Curso de Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi registrada a presente ata que segue assinada pelo orientador, em nome dos demais membros da banca".

(Assinado Eletronicamente)

Leonardo de Castro Santos

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Vania Sardinha dos Santos Diniz

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Douglas Almeida Rodrigues

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Douglas Almeida Rodrigues, 2018102320140020 - Discente, em 25/06/2021 10:52:26.
- Vania Sardinha dos Santos Diniz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/06/2021 10:52:12.
- Leonardo de Castro Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/06/2021 10:50:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 284340

Código de Autenticação: 23ca7b1527



AMANDA CRISTINA KEMMERICH CHAGAS

**ANATOMIA FOLIAR DE SOJA INFESTADA COM *Pratylenchus
brachyurus***

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 25 de junho de 2021 pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Assinado eletronicamente

Profa. Dra. Vania Sardinha dos Santos Diniz
IF Goiano – Campus Iporá

Assinado eletronicamente

Dr. Douglas Almeida Rodrigues
IF Goiano – Campus Rio Verde

Assinado eletronicamente

Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos
Orientador
IF Goiano – Polo de Inovação

Rio Verde – GO
Junho, 2021

RESUMO

CHAGAS, Amanda Cristina Kemmerich. **Anatomia foliar de soja infestada com *Pratylenchus brachyurus***. 2021. 27p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Agrônômica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

Pratylenchus brachyurus é um fitonematóide que pode causar perdas significativas em diversas culturas. Avanços na tecnologia indicam que veículos aéreos não tripulados (VANTs) podem ser usados no manejo de *P. brachyurus* na soja. O potencial do uso de veículos aéreos não tripulados depende da capacidade de detecção de sensores das alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas causadas pelo ataque do fitonematóide. Porém, ainda não foram documentadas as alterações causadas por *P. brachyurus* na parte aérea de plantas e suas possíveis implicações para o uso de sensores capazes de detectar e quantificar o estresse. Assim, objetivou-se descrever as alterações na ultraestrutura da soja infestada com *P. brachyurus*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando a cultivar de soja convencional Bônus IPRO. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram infectados artificialmente com 700 espécimes do nematóide por planta. As avaliações foram realizadas no estádio R2. Verificou-se que o fitonematóide ocasionou danos anatômicos nos tratamentos inoculados, expansão da epiderme adaxial e aumento nos espaços intracelulares quando comparado ao tratamento controle, o que pode interferir nos processos fisiológicos da planta. Dessa maneira, o ataque de *P. brachyurus* manifesta sintomas indiretos na parte aérea das plantas que podem ser utilizados como ferramentas para uso de VANTs na identificação de sua infestação.

PALAVRAS-CHAVE: Ultraestrutura foliar. *Glycine max*. Nematóide das lesões radiculares. Drones.

ABSTRACT

CHAGAS, Amanda Cristina Kemmerich. **Leaf anatomy of soybean infested with *Pratylenchus brachyurus***. 2021. 27p. Monograph (Bachelor's Degree in Agronomic Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021

Pratylenchus brachyurus is a plant-parasitic nematode that can cause significant losses in several cultures. Advances in technology indicate that unmanned aerial vehicles (VANTs) can be used in the management of *P. brachyurus* in soybeans. The potential for using unmanned aerial vehicles depends on the ability to detect sensors of the anatomical, morphological and physiological changes caused by the attack of the nematode. However, they have not yet been documented as changes caused by *P. brachyurus* in the aerial part of plants and their possible possibilities for the use of detected sensors to detect and quantify stress. Thus the objective was described as changes in the ultrastructure of soybean infested with *P. brachyurus*. The experiment was carried out in a greenhouse from January to March 2019. A conventional soybean cultivar Bônus IPRO was used. The experimental design was randomized blocks with four treatments and seven replications. The treatments were artificially infected with 700 specimens per plant. The evaluations were carried out at the R2 stage. It was found that the nematode caused anatomical damages in the inoculated treatments, expansion of the adaxial epidermis and increase in the intracellular spaces when compared to the control treatment, which can interfere with the physiological processes of the plant. Thus, the attack of *P. brachyurus* manifests indirect symptoms in the aerial part of the plants that can be used as tools for the use of VANTs in the identification of its infestation.

KEYWORDS: Leaf ultrastructure. *Glycine max*. Root-lesions nematode. Drones.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 A - Folhas de plantas de soja inoculada com *Pratylenchus brachyurus*; B - Desidratação em série etílica crescente das amostras foliares coletadas; C - Processo de pré-filtração e infaltração das amostras para serem polimerizadas; D - Material vegetal emblocado em resina sintética; E- Material desinformado para realização dos cortes transversais; F - Confecção dos cortes transversais em micrótomo rotativo21
- Figura 2 - Lâminas coradas com azul de toluidina.....22
- Figura 3 - Caracterização anatômica foliar. A, C e E com nematóides. B, D e F sem nematoides. Epiderme adaxial (AdEp); Parênquima paliçádico (PP); Parênquima esponjoso (SP) e Epiderme abaxial (AbEp).....23
- Figura 4 - Alterações anatômicas ocasionadas pela ação do nematóide (A) tratamento com nematoide, (B) sem nematoide. (Fi) Fibra. (Xy) Xilema. (Fl) Floema. (Ppr) parênquima de preenchimento. (Seta preta) colapso das células na região de nervura indica retração de nervura24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Gênero <i>Pratylenchus</i>	13
2.2 <i>Pratylenchus brachyurus</i> - Nematóides das lesões radiculares (taxonomia, ciclo de vida, danos e manejo)	13
2.3 Alterações ultraestruturais no ataque de pragas e ocorrência de doenças	15
2.4 Efeitos ultraestruturais associados a VANTs.....	16
2.5. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na agricultura	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÕES.....	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar na produção e exportação de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) no mundo, produzindo cerca de 250 milhões de toneladas em uma área de cultivo com aproximadamente 65,5 milhões de hectares (CONAB, 2020). Além disso, a soja destaca-se, devido ao elevado teor de proteínas encontrado nos grãos, sendo importante para segurança alimentar global (MENZA et al., 2017). Isto é um fator importante, considerando que outras fontes de proteínas como carne, laticínios e o peixe são mais caras, sendo, portanto, inacessível economicamente para muitos que se encontram em extrema pobreza.

Para a cultura da soja, dentre as espécies de fitonematóides é considerada de grande importância, a *Pratylenchus brachyurus*, devido causar danos radiculares significativos e também pela comum ocorrência no Brasil (GIELFI et al., 2003; ASMUS, 2004). Ao se alimentarem, esses parasitas secretam enzimas no interior das células, as quais apresentam ação tóxica, levando a morte de células e tecidos, facilitando a entrada de fungos e bactérias e resultando em lesões necróticas (FERRAZ & BROWN, 2016).

Plantas atacadas por *P. brachyurus* apresentam sistema radicular com coloração escura e pouco desenvolvido. Tais anomalias fisiológicas reduzem a eficiência em absorção e transportes de nutrientes, resultando em diversos sintomas na parte aérea, tais como: murcha em elevadas temperaturas, clorose ou branqueamento de tecidos clorofilados, reduzindo tamanho de plantas, enfezamento e redução na produtividade (HENNING et al. 2014).

O levantamento populacional de *P. brachyurus* pode ser utilizado na prevenção de prejuízos na soja. Porém, o elevado custo operacional de amostragem restringe a coleta de dados a poucas plantas em cada área e, conseqüentemente, inviabiliza o potencial uso de medidas de controle localizadas. O uso de tecnologias, tais como veículos aéreos não tripulados (VANTs), tem se mostrado uma alternativa relevante para aumentar a eficiência da detecção de nematoides (RIBEIRO, 2017). No entanto, ainda não se conhece as alterações causadas por *P. brachyurus* que podem afetar as respostas espectrais (derivadas da luz) das plantas fotografadas pelos VANTs. Com base nisto, o objetivou-se com o presente trabalho descrever as alterações ultraestruturais causados por *P. brachyurus* nas folhas de soja e caracterizar a morfo-anatomia foliar de plantas infestadas com o nematoide.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gênero *Pratylenchus*

O gênero *Pratylenchus* Filipjev é o mais conhecido entre os pertencentes à família Pratylenchidae, por apresentar diversas espécies, de vasta distribuição geográfica, e que são capazes de causar danos às culturas de importância econômica, tanto em países de clima tropical, como temperado (BURIN, 2016). Esses fitonematóides são comumente chamados de nematóides das lesões radiculares ou “*root-lesion nematodes*” (GOULART, 2008). No Brasil, é considerado o segundo grupo de nematoides mais importante na agricultura, após os nematoides de galhas do gênero *Meloidogyne* (SANTOS, 2020).

São parasitas obrigatórios de órgãos vegetais subterrâneos (em grande maioria de raízes, mas também podem parasitar tubérculos, rizomas e túberas), apresentam tamanho microscópico, atingindo até 0,9 mm de comprimento, corpo fusiforme e migradores. De maneira isolada ou interagindo com outros microrganismos como fungos e bactérias podem diminuir o volume do sistema radicular, trazendo consequências a planta parasita como manifestação de sintomas reflexos na parte aérea que geralmente são evidentes, porém inespecíficos (ROSA JÚNIOR, 2010).

O gênero *Pratylenchus* tem ampla distribuição geográfica no Brasil, em que as espécies *P. brachyurus*, *P. coffeae* e *P. zae* são amplamente disseminadas nas regiões mais quentes; enquanto que de maneira mais limitada e mais adaptadas às regiões com clima mais frio da região Sul, destacam-se as espécies *P. pseudopratensis*, *P. jordanensis*, e *P. pseudofallax* (CAFÉ FILHO; HUANG, 1988). Algumas espécies também apresentam distribuição mais restrita a determinados estados como *P. neglectus* no Rio Grande do Sul (LUZ, 1982), *P. vulnus* em São Paulo e Minas Gerais (ROSSI; CALDARI JUNIOR; MONTEIRO, 1997) e *P. penetrans* em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul (MONTEIRO, 1980; MONTEIRO; COVOLO, 1985; SILVEIRA; CURI; TOLEDO, 1988).

2.2 *Pratylenchus brachyurus* - Nematóides das lesões radiculares (taxonomia, ciclo de vida, danos e manejo)

P. brachyurus é um nematoide migrador e realiza o parasitismo das raízes das plantas hospedeiras, necrosando as células radiculares e tornando a planta mais suscetível a outros

patógenos de solo. Vive no interior da raiz do hospedeiro, ou seja, penetra e necrosa a região do córtex da raiz, preferencialmente as raízes secundárias (BRIDA et al., 2017).

A fêmea de *P. brachyurus* deposita seus ovos tanto no interior das raízes da planta atacada, como no solo. Logo que os juvenis eclodem é iniciado o parasitismo (FERRAZ, 2016). É válido lembrar que tanto os juvenis como os adultos podem infectar as plantas em todo seu período de cultivo e migrar constantemente para dentro ou fora do tecido radicular infectado. Já os machos são raros, considerando que as fêmeas se reproduzem por meio de partenogênese (BRIDA et al. 2017).

A duração do ciclo desta espécie varia de acordo com as condições ambientais, ocorrendo de 3 a 6 semanas a fase de ovo (FERRAZ, 2016). *P. brachyurus* consegue resistir por vários meses sem um hospedeiro (planta), e pode sobreviver por extensos períodos no solo seco, e exposição a temperaturas e condições extremas (McGOWAN, 1978). Em abacaxi, populações de *P. brachyurus* conseguiram sobreviver por cerca de 22 meses no solo em pousio com a presença de fragmentos de raízes remanescentes. Na ausência, sobreviveram até por sete meses (GOOD; BOYLE; HAMMONS, 1958).

P. brachyurus penetra nos tecidos da planta através da epiderme e se movimenta entre as células ou através do córtex ou do tecido subepidérmico parenquimático, entrando nas paredes celulares. Também, invade os tecidos corticais de raízes, produzindo cavidades ou túneis, resultando em lesões (BRIDA et al., 2017).

Os sintomas causados pelos nematoides do gênero *Pratylenchus* geralmente se associa a podridões e necroses do sistema radicular das plantas hospedeiras, causando diminuição das radículas e também perda da raiz pivotante. As plantas infectadas podem apresentar clorose ou murchamento na estação seca, resultando em uma perda de produção. Quando o ataque é severo, ocorre desfolha total das plantas (GOULART, 2008). Ainda que os nematoides apresentem destaque com um dos patógenos que causam maior dano econômico em culturas de exploração econômica, muitos deles ainda permanecem desconhecidos por muitos agricultores, por causa da dificuldade do diagnóstico dos danos causado por eles (CAMPOS, 1999).

Nem sempre alta incidência de *Pratylenchus* implica em indícios de necrose e severos danos às plantas parasitadas, ou baixa incidência significa ausência de sintomas explícitos. Para cada associação planta hospedeira/espécie de *Pratylenchus*, há vários fatores peculiares a reger tanto a severidade da ação patogênica do nematoide, como a natureza da reação da planta. Logo, ao proceder avaliação dos danos causados em diferentes culturas, deve-se considerar não só o desenvolvimento e vigor das plantas como com outros fatores indiretos que podem estar

interferindo na patogenicidade, como nutrição, ação de outros microrganismos, condições ambientais entre outros (ROSA JÚNIOR, 2010).

A patogenicidade de *Pratylenchus* é influenciada também pela nutrição da planta hospedeira e por fatores edáficos e, nesse sentido, alguns aspectos podem ser ressaltados, como: números de exemplares de *Pratylenchus* nas raízes que normalmente são mais baixos em condições de deficiência nutricional da planta hospedeira; melhor nutrição da planta geralmente aumenta a tolerância ao ataque de *Pratylenchus*; o parasitismo por *Pratylenchus* reduz a absorção de água e nutrientes pelas raízes (MELAKEBERHAN; BIRD; GORE, 1997).

2.3 Alterações ultraestruturais no ataque de pragas e ocorrência de doenças

Além do mecanismo químico de resistência, as plantas podem responder à invasão de organismos estranhos produzindo substâncias que enrijeçam a parede celular, dificultando ou bloqueando o avanço de microrganismos por um efeito puramente químico, provocando alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas causadas devido ao ataque destes microrganismos (COSTA, 2019). Podem ainda ocorrer mecanismos de defesa intrínsecas do corpo vegetal, baseada nas características anatômicas, estruturais e ultraestruturais do vegetal, como cutícula, tricomas, estômatos, fibras/vasos condutores (SILVA et al., 2008). Tais fatores podem ser refletidos e identificados na fluorescência da clorofila, trocas gasosas, taxas fotossintéticas e compostos fenólicos.

Na literatura, há vários estudos que buscam relacionar alterações anatômicas e fisiológicas com o ataque de pragas e doenças. Figueiredo (2019) avaliaram as respostas fisiológicas do tomateiro sob diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*, e observou que não houve significância para a fluorescência da clorofila sob diferentes densidades populacionais do nematoide. No entanto verificou que a infestação por *M. javanica* em plantas de tomateiro influencia negativamente nas trocas gasosas e nos teores de clorofila e estimulou a biossíntese de etileno.

Avaliando aspectos bioquímicos e fisiológicos da soja infectada com *Heterodera glycines*, Santos (2020) verificou que apesar da taxa fotossintética ser uma das variáveis afetadas pela infecção de soja por *H. glycines*, não se observou alterações sobre esta variável em seu estudo e nem na variável de trocas gasosas. Ferreira (2017) observou que galhas radiculares resultantes da interação entre o *M. javanica* e *Glycine max* apresentaram formato e tamanhos variáveis. As células gigantes apresentaram-se multinucleadas, com citoplasma denso, numerosas organelas citoplasmáticas, principalmente mitocôndrias, vacúolo

fragmentado e uma parede invaginante. Compostos fenólicos geralmente encontrados durante essa interação na defesa da planta não foram observados neste estudo, nem flavonoides, e pectinas.

Ao realizar avaliação morfológica e enzimática de plantas de *Psidium* spp. infectadas com *Meloidogyne enterolobii*, Araujo (2016) verificou alterações nas estruturas histológicas em que foi possível observar a ocorrência de galhas nas raízes, a presença de células desordenadas, hiperplasia e hipertrofia celular, danos no xilema e possíveis formações de sítios de alimentações. Os dados obtidos com as atividades enzimáticas indicaram um aumento da ascobarto peroxidase nas raízes infectadas com o patógeno, apresentando maior atividade nos acessos de araçareiro quando comparado aos acessos de goiabeiras. No entanto, não foi observada variação significativa dessa enzima nos tecidos de folha dos tratamentos avaliados. Isso indica que as alterações anatômicas e morfológicas podem variar de um órgão para outro.

Produtos do metabolismo secundário, como compostos fenólicos que são produzidos durante a interação nematoide/planta, têm sido relacionados a mecanismos de resistência da planta e são produzidos quando a planta é atacada (FERREIRA, 2017). Estes compostos podem ser utilizados na caracterização das respostas espectrais das plantas e desenvolvimento de sensores capazes de quantificar o estresse (MAGARELLI et al., 2018).

2.4 Efeitos ultraestruturais associados a VANTs

Com o avanço tecnológico da agricultura de precisão e o uso de câmeras digitais (RGB, multiespectro, hiperespectro e térmicas), a aplicação de imagens ganha destaque como ferramenta para avaliação de plantas. O uso de câmeras digitais para análise de plantas é um método rápido, reprodutível, com a possibilidade de armazenamento das imagens em bancos de dados para análises futuras e além do mais é um método não destrutivo (BARBOSA et al., 2016). A diagnose visual de informações pode inviabilizar ou reduzir a eficácia da extração de informações, havendo necessidade do uso de programas computacionais específicos.

Para isso, têm sido desenvolvidos “hardwares” e “softwares”, os quais permitem a avaliação em larga-escala de diferentes variáveis ao nível das moléculas, das organelas, das células e do indivíduo como um todo (DHONDT et al., 2013). Devido à rapidez e a facilidade com que as imagens são capturadas, este tipo de análise de plantas permite a geração de grande quantidade de dados em um espaço de tempo relativamente menor do que seria possível com a utilização de métodos convencionais, tornando menos oneroso e com menores custos.

As imagens digitais vêm sendo largamente utilizadas para análise de interações entre patógenos e plantas e patógenos e microrganismos benéficos, quando se trata de fatores bióticos. A avaliação de plantas por meio de imagens digitais tem sido realizada em todos os órgãos vegetais, em escalas que variam de micro até macroscópica (centímetros até vários metros) e em diferentes ambientes como laboratório (SOUSA et al., 2015), câmaras de crescimento (NAVARRO et al., 2012), casa de vegetação (LANDI et al., 2013) e campo (VARELLA et al., 2019). As estações mais comuns capturam imagens digitais RGB, de fluorescência da clorofila, UV/VIS, termográficas e na região do NIR, as quais possibilitam a avaliação do crescimento das plantas, do aparato fotoquímico, dos teores de pigmentos, da temperatura da copa e de diferentes metabólitos encontrado nas plantas. (SOUSA et al., 2015)

Enrici (2018) buscou estudar os benefícios da visão computacional na agricultura mostrando as possibilidades de uso na detecção de doenças em plantas, abordando aspectos técnicos importantes do processamento de imagens e da aprendizagem de máquina para detecção de doenças de plantas via diagnose digital. Com o surgimento de sintomas devido a infecção por patógenos ou ataque de insetos, é possível usar imagens obtidas com câmeras comuns para mensurar a área dos sintomas em relação à área total de determinado órgão vegetal, e assim identificar os danos causados na planta.

Ao avaliar a taxa de expansão da área foliar (área com sintomas em função do tempo) da mancha de septoria (*Septoria lycopersici*) em folhas de tomate através de imagens digitais, Mattos (2017) destaca a capacidade da técnica em identificar cultivares com resistência. Já Martins (2016) avaliou o potencial de dados de sensoriamento remoto adquiridos em grande escala para discriminar e mapear o café sadio, em estágio inicial de infecção e severamente infectado por nematoides, verificando boa precisão da análise por imagens digitais para selecionar os materiais sadios.

Outra maneira de aplicação de imagens digitais obtidas com câmeras digitais a partir de câmeras comuns foi verificada por Pereira et al. (2011) avaliando o *greening*. Foi aplicada luz UV em folhas *in natura* de laranja (*Citrus sinensis*) e utilizaram imagens a partir de câmera acoplada em um estereomicroscópio, constatando que a coloração da fluorescência emitida em resposta à luz UV diferiu entre as folhas saudáveis (verde escuro) e aquelas infectadas (verde claro). A técnica demonstrou ser uma alternativa viável em relação às técnicas tradicionalmente utilizadas, sendo mais precisa que a inspeção visual e mais rápida e barata que a análise por DNA. Também foi possível detectar infectadas após um mês da inoculação com a *Candidatus*

Liberibacter spp. (*L. asiaticus*, *L. africanus*, *L. americanus*), agente causal do *greening* (BOVÉ, 2006), ou seja, antes da análise visual.

Por outro lado, Chaerle et al. (1999) demonstra a capacidade de imagens obtidas na região do infravermelho termal de indicar zonas quentes em folhas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) apenas 34 h após o contato com o vírus do mosaico (TMV). Imagens termais também demonstram utilidade prática para identificação de árvores com podridões internas, considerando que a avaliação da sanidade dos troncos é realizada de maneira destrutiva com retirada das amostras, se tornando oneroso quando se tem uma grande quantidade de árvores (MESQUITA, 2015). Ainda, a partir de imagens digitais é possível estabelecer escalas diagramáticas para avaliação da severidade de doenças em campo, como mofo branco em soja (JULIATTI et al., 2015).

Em avaliações de microrganismos como os nematoides, são empregados em conjunto, microscópios com câmeras acopladas e lâmpadas ou laser. Dessa maneira é fundamental obter imagens de microrganismos no meio endofítico, principalmente avaliando locais e formas de colonização dos tecidos vegetais (SOUSA et al., 2015). Todavia, estruturas macroscópicas, como os nódulos radiculares em leguminosas, também podem ser quantificados de forma rápida com a análise de imagens, como demonstrado por Zoofili (2015).

Arantes et al. (2021) buscou determinar a melhor banda espectral para detecção de *Heterodera glycines* e *P. brachyurus* no início da floração da soja (R1). A amostragem do solo e da raiz foi conduzida em nove locais de amostragem infectadas pelos nematóides, e identificou que sensores de baixo custo na faixa espectral visível foram suficientes para estimar *H. glycines*, mas sensores multiespectrais foram necessários para estimar *P. brachyurus*.

2.5. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na agricultura

A evolução da agricultura de precisão tem despertado e aumentado o interesse e uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). O desenvolvimento moderno da tecnologia computacional, uso de hardwares e softwares, equipamentos mais leves, sistemas globais de navegação, sofisticados sensores e a necessidade de miniaturização para diminuir os custos em avaliações tem motivado o aumento do uso de VANTs (JORGE; INAMASU, 2014).

Os VANTs também popularmente chamado de drone, é a peça chave para captura de imagens e fotografias em uma lavoura. É uma máquina pilotada sem a presença de humanos a

bordo. Conforme Poloni (2016), ele pode ser controlado de maneira autônoma, semiautônoma ou remotamente operada.

Os VANTs são uma inovação e alternativa para agricultura de precisão, em que o seu uso e aplicação amparam o produtor a identificar estratégias que possam melhorar a eficiência no gerenciamento da agricultura, aumentando a rentabilidade das colheitas e tornando o agronegócio mais competitivo, sem métodos destrutivos que podem ser avaliados ao longo dos anos (PINO, 2019). As imagens aéreas de satélites e a videografia são ferramentas que com potencial para identificação de doenças, ataques de pragas e doenças, manchas existentes nas lavouras, topografia e geração de mapas de produtividade (OLIVEIRA et al., 2020).

O uso de drones na agricultura vem aumentando devido às facilidades e precisão nas tomadas de decisões, evitando assim, que o agricultor circule por toda a lavoura, através de falhas, pragas, etc. (PINO, 2019). Poloni (2016) cita que os drones cada vez mais vêm sendo utilizados na agricultura, por meio dos seus voos rasantes, ajudam a identificar falhas nas plantações, falta ou excesso d'água e necessidade de uso de defensivos agrícolas. Ferreira et al. (2017) verificaram que o uso de vant autônomo para aquisição de fotos da plantação de soja, auxiliam o produtor no manejo e controle de pragas, melhora e diminuem os custos operacionais e pode aumentar o lucro e diminuir os impactos ambientais. Franchini et al. (2018) utilizou imagens aéreas de alta resolução de um talhão de produção de soja em diferentes fases de desenvolvimento para relacionar o índice de refletância fotoquímica modificado (MPRI) com parâmetros químicos do solo e ocorrência de *P. brachyurus*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CIT Gapes, em Rio Verde (GO), latitude -17.8681, longitude -50.9268 no período de janeiro a março de 2019. Foi utilizada a cultivar de soja convencional Bônus IPRO (Brasmax). As parcelas experimentais do ensaio foram compostas de vasos com volume de 8 litros de solo, previamente autoclavado (120°C por 20 minutos). Foram utilizados dois tratamentos, com e sem nematoides, (0 e 700 espécimes de nematoides), sendo juvenis (J2) e adultos, inoculados por planta (Figura 1). As avaliações foram realizadas quando as plantas atingiram o estágio fenológico R2, com 75 dias após o plantio. Para as análises morfoanatômicas, foi coletada uma amostra por planta, da região mediana, da última folha do trifólio, totalmente expandida, totalizando seis plantas por tratamento, com quatro tratamentos (Figura 1A, B).

As amostras de folhas coletadas foram fixadas por 24 horas conforme metodologia proposta por Karnovsky (1965), onde foram fixadas em solução de glutaraldeído (2,5%), paraformaldeído (4%) em tampão cacodilato de sódio pH 7,2 e acrescido de cloreto de cálcio 5 mM. Após o período, as amostras de folhas foram pré-lavadas em tampão fosfato e desidratado em série etílica crescente, pré-infiltrado e infiltrado em historesina (Figura 1C e D). Posteriormente, as amostras foram seccionadas transversalmente a 5 µm de espessura em micrótomo rotativo (Modelo 1508R, Logen scientific, China) e os cortes corados com azul de toluidina – coloração policromática (0,05% tampão fosfato 0,1 M, pH 6,8) (O'BRIEN et al., 1964) (Figura 1E, F e Figura 2).

As imagens obtidas foram fotografadas em microscópio Olympus (BX61, Tóquio, Japão), acoplado com câmera DP-72 utilizando opção de campo claro. Foram realizadas observações morfoanatômicas da epiderme adaxial (parte superior) e abaxial (parte inferior), dos parênquimas paliçádico e esponjoso e do mesofilo.



Figura 1 A - Folhas de plantas de soja inoculada com *Pratylenchus brachyurus*; B - Desidratação em série etílica crescente das amostras foliares coletadas; C - Processo de pré-iltração e infiltração das amostras para serem polimerizadas; D - Material vegetal embocado em resina sintética; E- Material desinformado para realização dos cortes transversais; F - Confeção dos cortes transversais em micrótomo rotativo



Figura 2 Lâminas coradas com azul de toluidina

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das folhas de soja inoculadas com *P. brachyurus* demonstrou que houveram alterações na sua estrutura anatômica da raiz, ocasionando uma expansão da epiderme adaxial e aumento nos espaços intracelulares (Figura 3).

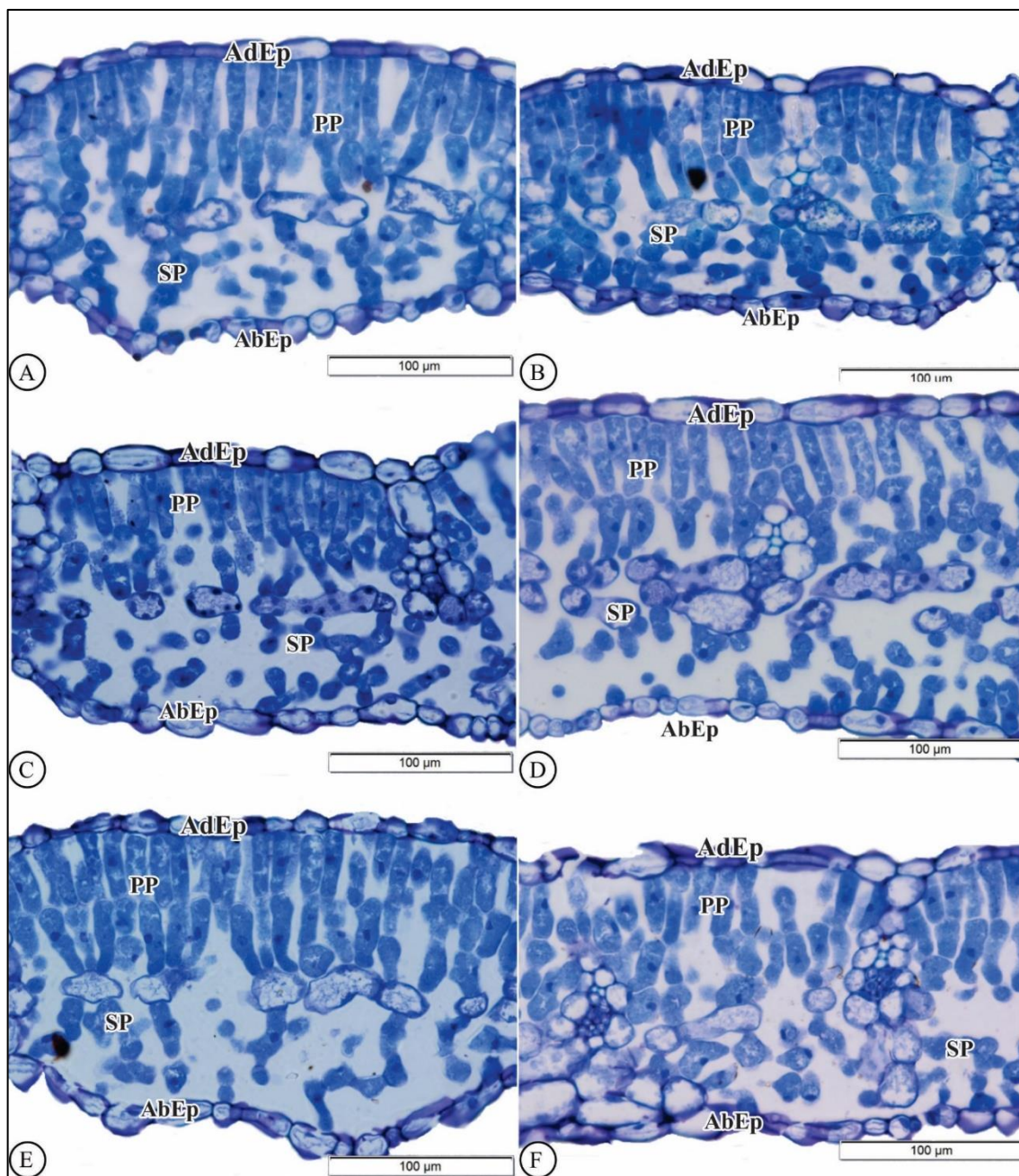


Figura 3 Caracterização anatômica foliar. A, C e E com nematoides. B, D e F sem nematoides. Epiderme adaxial (AdEp); Parênquima paliçádico (PP); Parênquima esponjoso (SP) e Epiderme abaxial (AbEp).

Isso evidencia a retração da nervura nas regiões atacadas, demonstrando uma reação de suscetibilidade (FERRAZ, 2006). Conforme Goulart (2008) nematoides das lesões radiculares são endoparasitas migradores que causam danos mecânicos às raízes das plantas devido a sua alimentação e movimentação no interior dos tecidos; danos por sua ação espoliativa, através da remoção do conteúdo citoplasmático; e danos por ação tóxica, através da injeção de secreções esofagianas no córtex radícula. O mesmo autor afirma que plantações infestadas pelo nematoide das lesões geralmente ocorrem em reboleiras, com plantas subdesenvolvidas e com folhas amareladas ao lado de plantas com sintomas mais moderados, e apresenta desuniformidade na

lavoura. Dessa maneira, pode-se verificar que os sintomas e modificações anatômicas ocorridas nas raízes podem realçar nas folhas e outras partes da planta.

Com a análise anatômica da folha verificou-se que ocorrem diferenças entre as células do parênquima paliçádico e parênquima esponjoso, em que houve o ataque do nematoide, e as células epidérmicas de plantas sem a presença do patógeno. Nas plantas não inoculadas, a epiderme da folha é preenchida por células parenquimáticas que possuem parede celular delgada, o que normalmente ocorrem plantas saudias, conforme Taiz et al (2017). Nas plantas infectadas, nota-se uma desorganização do parênquima paliçádico e esponjoso, em que se pode notar a substituição de um grande vacúolo por vários outros menores, ou seja, o tecido epitelial torna-se fragmentado (Figura 3A, C e E). Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira (2017), ao avaliar estrutura e desenvolvimento da galha radicular induzida por *M. javanica* em soja. O autor também encontrou diferenças entre células gigantes e células radiculares de plantas não infectadas (controle), em que também ocorreu a fragmentação do vacúolo central em outros menores. Além do mais houve a proliferação de organelas incluindo, retículo endoplasmático e dictiossomos. Verificou-se retração da nervura do tecido foliar nos tratamentos inoculadas com *P. brachyurus* (Figura 4A) quando comparado ao controle (Figura 4B).

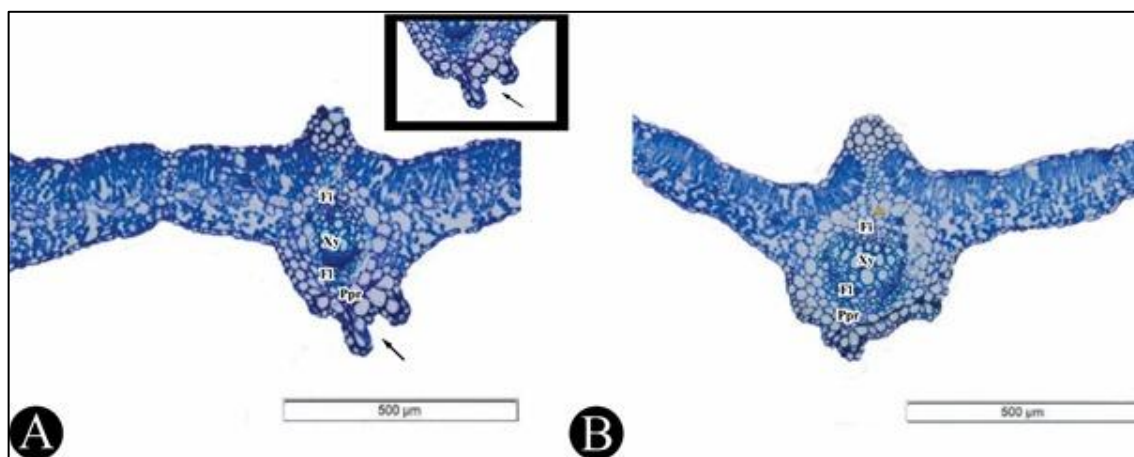


Figura 4 Alterações anatômicas ocasionadas pela ação do nematóide (A) tratamento com nematoide, (B) sem nematoide. (Fi) Fibra. (Xy) Xilema. (Fl) Floema. (Ppr) parênquima de preenchimento. (Seta preta) colapso das células na região de nervura indica retração de nervura

Corroborando com esse resultado, Ferreira (2017) observou que em algumas células gigantes a parede celular apresentava modificações formando inúmeras invaginações, voltadas para a face interna da epiderme. Melo et al. (2011) afirmam que plantas sob condições de estresse apresentam células com tamanhos irregulares e o parênquima cortical caracteriza-se

pela presença de várias camadas de células, delimitadas por poucos e pequenos espaços intercelulares. O mesmo autor afirma que as raízes das plantas em condições de estresse também apresentam redução no diâmetro, caracterizado pela retração das nervuras e das células.

Conforme Sousa et al. (2015), a análise de plantas com imagens digitais é uma eficaz ferramenta para identificação da interação dentre patógenos e plantas, as quais possibilitam avaliar o crescimento das plantas, teores de pigmentos e deformações em detrimento de ataques maléficos. Arantes (2019) conseguiu identificar qual melhor época para detecção dos nematóides *H. glycines* e *P. brachyurus*, na soja, utilizando VANTs, inclusive desenvolvendo um modelo matemático para detecção de cada espécie considerando a faixa espectral das plantas. Ao realizar monitoramento com drones na Amazônia, Fontes e Pozzetti (2016), identificaram que o uso de VANTs é mais eficaz, verificando sua aplicabilidade na proteção ambiental e concluindo que essa tecnologia nova é saudável, não destrutiva e permite maior precisão com sustentabilidade do que quando realizada por manualmente pelo homem.

No presente estudo pode-se notar por meio das imagens digitais, que o ataque do *P. brachyurus* causou deformações e alterações ultraestruturais nas células do tecido foliar, indicando que o ataque do fitonematoide, no sistema radicular, resultou em efeitos indiretos em outros órgãos das plantas. Isso pode ser uma ferramenta eficaz para detecção do nematoide na lavoura, com auxílio de VANTs, sem a necessidade de destruir as amostras. Logo, essa ferramenta é eficiente pois, com essas avaliações, é possível apresentar ao produtor como o nematoide atua nas plantas, de forma não invasiva e destrutiva, às plantas, demonstrando a consequência da migração e das toxinas liberadas, no parasitismo, pelos nematoides nas plantas. Ainda, essas informações oferecem dados importantes para a tomada de decisão, no que diz respeito ao estabelecimento de um programa de manejo integrado de *P. brachyurus*, em soja, atuando de maneira preventiva, diminuindo os custos e evitando prejuízos futuros.

5 CONCLUSÕES

P. brachyurus manifestou alterações no tecido foliar de soja no que diz respeito às organelas foliares e estruturação de nervura, que podem ser utilizados como ferramentas para uso de VANTs, na identificação de sua infestação. O presente estudo é subsídio para trabalhos complementares que visem explorar o uso de VANTs para o manejo de nematoides, reduzindo custos e aumentando a eficiência para o manejo das culturas que sofrem ataques por este fitonematóide.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANTES, B. H. T. (2019). **Detecção de nematoides na fase reprodutiva da soja por meio de veículos aéreos não tripulados**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto Federal Goiano. Rio Verde - GO. 52p. 2019.
- ARANTES, B. H. T., MORAES, V. H., GERALDINE, A. M., ALVES, T. M., ALBERT, A. M., SILVA, G. J. D., & CASTOLDI, G. Spectral detection of nematodes in soybean at flowering growth stage using unmanned aerial vehicles. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, 2021.
- ARAÚJO, E. O. A. **Avaliação morfológica e enzimática de plantas de *Psidium spp.* infectadas com *Meloidogyne enterolobii***. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN. 81p. 2016.
- ASMUS, G.L. Distribuição quali-quantitativa de nematóides fitoparasitos em áreas de produção de algodão em Mato Grosso do Sul. In: IV Congresso Brasileiro do Algodão, Goiânia, GO. 2003. (Resumo).
- BARBOSA, J. Z.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 15-24, 2016.
- BOVÉ, J. M. Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. **Journal of plant pathology** v. 88, p. 7–37, 2006.
- BRIDA, A. L. D.; CORREIA, É. C. S. D. S.; e WILCKEN, S. R. S. Suscetibilidade de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares. **Summa phytopathologica**, v. 43, n. 3, p. 248-249, 2017.
- BURIN, P. C. Manejo de *Pratylenchus sp.* em áreas de integração lavoura-pecuária. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 17, n. 8, p. 1-18, 2016.
- CAFÉ FILHO, A. C.; HUANG, C. S. Nematóides do gênero *Pratylenchus* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 13, p. 232-235, 1988.
- CAMPOS, V. P. **Manejo de doenças causadas por fitonematóides**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1999.
- CHAERLE, L.; VAN CAENEGHEM, W.; MESSENS, E.; LAMBERS, H.; VAN MONTAGU, M. E VAN DER STRAETEN, D. Presymptomatic visualization of plant-virus interactions by thermography. **Nature Biotechnology**, vol. 17, n. 8, p. 813-816. 1999.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, fev/2021. Companhia Nacional de Abastecimento, p.152, 2020.
- COSTA, G. A. **Noções sobre interação planta-patógeno e indução de resistência em plantas**. 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.

DHONDT, STIJN; WUYTS, NATHALIE; INZÉ, DIRK. Cell to whole-plant phenotyping: the best is yet to come. **Trends in plant science**, v. 18, n. 8, p. 428-439, 2013.

ENRICI, J. P. **Fito diagnose digital: detecção de doenças de plantas via imagens digitais**. 2018. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Sistemas de Computação) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

FERRAZ, L. C. C. B. O nematóide *Pratylenchus brachyurus* e a soja sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 96 n. 1, p. 23-27. 2006

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.

FERREIRA, Ronierison et al. Identificação de pragas na agricultura com auxílio de vants. **Anuário de Produções Acadêmico-científicas dos discentes do Centro Universitário Araguaia**, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2017.

FIGUEIREDO, F. R. A. **Respostas fisiológicas de *Solanum Lycopersicum L.* sob densidades crescentes de nematoides e ácido salicílico**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB. 55p. 2019.

FONTES, J. C.; POZZETTI, V. C. O uso dos veículos não tripulados no monitoramento ambiental na Amazônia. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. Florianópolis (SC), v. 2. n.2. 2016. Disponível em: <<http://indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/1257>>. Acesso em: 11 de fevereiro de. 2021.

FRANCHINI, J. C. et al. Imagens aéreas, parâmetros químicos e biológicos para o diagnóstico de regiões com potencial variável de produção em um campo de soja. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

GIELFI, F.S., SANTOS, J.M. & ATHAYDE, M.L.F. Reconhecimento das espécies de fitonematóides associadas ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*) no estado de Goiás. In: IV Congresso Brasileiro do Algodão, Goiânia, GO. 2003. (Resumo).

GOOD, J. M.; BOYLE, L. W.; HAMMONS, R. O. Studies on *Pratylenchus brachyurus* on peanuts. **Phytopathology**, Saint Paul, Minnesota, v. 48, p. 530-535, 1958.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre os nematoides-das-lesões-radiculares(gênero *Pratylenchus*). Disponível em:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571924/1/doc219.pdf>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2021.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, Á. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M. e DIAS, W. P. (2014). **Manual de identificação de doenças de soja**. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E).

JORGE, L.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

JULIATTI, F. C., FIGUEIRÓ, A. A., GARCIA, R. Á., & SANTOS, J. B. Sclerotinia sclerotiorum e Mofo branco: Estudos básicos e aplicados. **Revisão Anual de patologia de Plantas**, v. 23, p. 159-194, 2015.

KARNOVSKY, M.J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27 p. 137-138. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/abb/v23n4/v23n4a12> > Acesso em: 7 maio 2018.

LANDI, M.; PARDOSSI, A.; REMORINI, D. E GUIDI, L. Antioxidant and photosynthetic response of a purple-leaved and green-leaved cultivar of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to boron excess. **Environmental and Experimental Botany**, v. 85, p. 64-75. 2013.

MAGARELLI, G., SALES, R., TRIPODE, B., HOFFMANN, L., CORREA, D., & de CASTRO, C. S. P. (2018). Utilização de método voltamétrico para estudo da defesa induzida de plantas de algodão submetidas ao ataque de lagarta. In **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 19., CONGRESSO IBEROAMERICANO DE QUÍMICA ANALÍTICA, 7., 2018, Caldas Novas, GO. Livro de resumos. São Paulo: Metrohm, 2018..

MARTINS, G. D. **Inferência dos níveis de infecção por Nematoides na cultura cafeeira a partir de dados de sensoriamento remoto adquiridos em multiescala**. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente - SP. 125p. 2016.

MATTOS, A. D. P. **Determinação da severidade de doenças de plantas por meio de imagens digitais**. 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –, Universidade Federal Rural de Santa Catarina, Curitibanos, 2017.

McGOWAN, J. B. The lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus* infecting citrus. Florida: **Florida Department of Agriculture and Consumer Services**, 1978.

MELAKEBERHAN, H.; BIRD, G. W.; GORE, R. Impact of plant nutrition on *Pratylenchus penetrans* infection of *Prunus avium* rootstocks. **Journal of Nematology**, College Park, v. 29, p. 381-388, 1997.

MELO, G. M. D., CUNHA, P. C. D., PEREIRA, J. A. F., WILLADINO, L., & ULISSES, C. Alterações anatômicas em folhas e raízes de *Jatropha curcas* L. cultivadas sob estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 670-674. 2011.

MENZA, N. C; MONZON, J. P; SPECHT, J. E; GRASSINI, P. Is soybean yield limited by nitrogen supply. **Field Crops Research** , v. 213, p. 204-212, 2017.

MESQUITA, D. Z. **Estimação de parâmetros genéticos e de diversidade em pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) quanto à arquitetura de plantas com variáveis obtidas via análise de imagens digitais**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ. 80p. 2015.

MONTEIRO, A. R. O nematóide *Pratylenchus penetrans* causa necrose em mandioquinha salsa no Brasil. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, Piracicaba, v. 4, p. 59-63, 1980.

NAVARRO, P. J.; FERNÁNDEZ, C.; WEISS, J. E EGEA-CORTINES, M. Development of a configurable growth chamber with a computer vision system to study circadian rhythm in plants. **Sensors**, v. 12, n. 11, p. 15356-15375. 2012.

OLIVEIRA, A. J.; DA SILVA, G. F.; SILVA, G. R.; SANTOS, A. A. C.; CALDEIRA, D. S. A., VILARINHO, M. K. C; DE OLIVEIRA, T. C. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

PEREIRA NETO, O. C. **Mapeamento de feições agrícolas através de redes neurais com fotos obtidas por veículo aéreo não-tripulado (vant)**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 125 p. 2007.

PEREIRA, F. M.; MILORI, D. M. B. P.; PEREIRA-FILHO, E. R.; VENÂNCIO, A. L.; RUSSO, M. D. S. T.; MARTINS, P. K. E FREITAS-ASTÚA, J. Fluorescence images combined to statistic test for fingerprinting of citrus plants after bacterial infection. **Analytical Methods**, v. 3, p. 552-556. 2011.

PINO, E. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. **Idesia (Arica)**, v. 37, n. 1, p. 75-84, 2019.

POLONI, K. M. **Identificação de direção de imageamento em vídeos aéreos**. 2016. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) –Universidade Federal do Paraná, Londrina, 2016.

RIBEIRO, C. **Drones e indicadores de Nematóide, Lagartas e Textura do solo na Agricultura** 2017. Disponível em: < <http://sensix.com.br/2017/10/13/drones-indicam-nematoides-lagartas-e-textura-de-solo-na-agricultura/> > Acesso em: 26 fevereiro 2019.

ROSA JUNIOR, O. F. **Efeito isolado e combinado de *Pratylenchus brachyurus* e *Fusarium verticillioides* no desenvolvimento de dois híbridos de milho**. 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

ROSSI, C. E.; CALDARI JÚNIOR, P.; MONTEIRO, A. R. Ocorrência de *Pratylenchus vulnus* em roseira no Estado de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 21, p. 26-27, 1997.

SANTOS, B. F. A. D. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos em soja infectada por *Heterodera glycines* em resposta ao agente de biocontrole *Bacillus velezensis* GF267**. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Instituto Federal Goiano. Urutaí – GO. 33p. 2020.

SILVEIRA, S. G. P.; CURI, S. M.; TOLEDO, A. C. D. Ocorrência do nematóide *Pratylenchus penetrans* em solo de crisântemo no estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 13, p. 71-72, 1988.

SOUSA, C. A. F; DA CUNHA, B. A. D. B.; MARTINS, P. K.; CORREA, H. B.; MOLINARI, A. K. K.; JÚNIOR, M. T. S. Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia Física.**, v. 8, n. 4 p. 660-672, 2015.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., & MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 888 p. 6ª ed. 2017

VARELLA, C. A. A.; CARVALHO PINTO, F. D. A., COSTA, A. G.; SILVA, T. R. Predição de níveis de nitrogênio aplicados à cultura do milho utilizando imagens digitais. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 227-236, 2019.